

事業原簿

作成：平成 30 年 10 月

上位施策等の名称	なし	
事業名称	クリーンコール技術開発／低品位炭利用促進事業	PJコード： P10016, P16003
推進部	環境部	
事業概要	<p>本事業は低品位炭利用技術の実用化に向けて、炭鉱業者から最終製品のユーザーまでのすべての関係者を包含するビジネスモデルを構築し、そのモデルを実現する上での技術的課題を明らかにした上で、その課題の解決を目指し、必要に応じ技術開発や技術実証を行う。</p> <p>実施に当たっては、各研究開発の性質に合わせ、委託事業又は助成事業（1/2 助成）により実施する。</p> <p>(1) 低品位炭利用促進事業可能性に関する検討【委託事業】</p> <p>付加価値が高い化学製品や改質炭等の炭鉱山元での製造を目指す事業を対象に、現状の分析を行うとともに、炭鉱から製造設備、輸送インフラ整備、製品需要者までを含むビジネスモデルの検討を行う。また、このビジネスモデルの実現に向けた経済面及び技術面からの課題の抽出と解決策の策定等の実現可能性調査を行う。</p> <p>(2) 低品位炭利用促進技術開発【委託事業】</p> <p>ビジネスモデルを実現するにあたり、技術開発項目とロードマップが明確化できる案件について、ビジネスモデルが実現可能なプラントコストを目指した技術開発を行う。また、低品位炭利用によるビジネスモデル実現に資する基盤技術として、自然発熱に係るメカニズムや特性評価に係る技術開発を行う。</p> <p>(3) 低品位炭利用促進技術実証【助成事業（1/2 助成）】</p> <p>① インドネシアにおける褐炭改質スラリーによる発電実証事業</p> <p>離島が多くディーゼル発電に頼っているインドネシアでは、その高コスト対策として離島でのディーゼル発電の代替計画が検討されているが、同国には水分を多く含む褐炭の賦存量が多いことから、熱水改質技術を適用することが可能な褐炭 CWM を発電に適用できる機会がある。</p> <p>ディーゼル発電は、現在離島での変動の激しい電力需要に合わせて発電を行っているが、褐炭 CWM による発電でも離島の電力需要の変動に追従可能とする様に、発電出力変化試験、最低発電出力試験等によりプラントの運用性を把握する。発電出力の追従については、出力制御等の改良や負荷変化に対応できるバーナー等の開発を行う。</p>	

	<p>② 産炭国における低品位炭利用（促進）ガス化技術実証</p> <p>低品位炭は水分、灰分が多く、自然発熱性が高いことから、その利用方法は限られており、一般に産炭国での活用が主流である。産炭国で事業として成立する見込みのある案件について、実証規模のプラントを用い実証試験運転を実施する。</p> <p>実証試験では、長時間運転等を通じ、プラント性能・機器信頼性の検証、並びにプラントの運用性を確立し、プラント安定運転を実証する。</p>					
事業期間・予算	<p>(1) 低品位炭利用促進事業可能性に関する検討</p> <p>事業期間：平成 26 年度～平成 29 年度</p> <p>契約等種別：委託</p> <p>勘定区分：一般勘定、電源勘定、エネルギー需給勘定</p> <p style="text-align: right;">[単位：百万円]</p>					
		平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	合計
	予算額	300	300	120	-	720
	執行額	382	250	234	-	866
	<p>(2) 低品位炭利用促進技術開発</p> <p>事業期間：平成 26 年度～平成 29 年度</p> <p>契約等種別：委託</p> <p>勘定区分：一般勘定、電源勘定、エネルギー需給勘定</p> <p style="text-align: right;">[単位：百万円]</p>					
		平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	合計
	予算額	-	570	340	110	1,020
	執行額	-	339	277	175	791
	<p>(3) 低品位炭利用促進技術実証</p> <p>事業期間：平成 26 年度～平成 29 年度</p> <p>契約等種別：助成・補助（助成・補助率 50%）</p> <p>勘定区分：一般勘定、電源勘定、エネルギー需給勘定</p> <p style="text-align: right;">[単位：百万円]</p>					
		平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度	合計
予算額	-	200	240	250	690	
執行額	201	213	228	296	938	

**事業の位置
付け・必要性**

(1) 政策的な重要性

石炭は、経済性、供給安定性に優れたエネルギー資源であり、「エネルギー基本計画」（平成 30 年 7 月閣議決定）においても、石炭火力は重要なベースロード電源と位置付けられている。世界的に見ても、今後とも新興国を中心に利用が拡大していくと見込まれており、貴重なエネルギー源であることに変わりはない。一般的に使用されてきた高品位炭は、資源量が減少してきており、資源ナショナリズムを背景とした産炭国での需要の拡大により、安定的な確保が難しくなっている。そのため、これまであまり活用されてこなかった低品位炭の利用拡大が必要となっている。経済産業省 総合資源エネルギー調査会資源・燃料分科会鉱業小委員会（平成 26 年 7 月）にて示された「今後の石炭政策のあり方」においても、中長期的に安価で安定的な石炭供給を確保していくために、これまで未活用であった低品位炭の活用を視野に入れていくことが必要としている。

そのため、今後とも石炭を活用し、エネルギー需給安定化に貢献していくために、より高度なクリーンコールテクノロジーの開発が必要である。

(2) 世界の取組状況

低品位炭は、埋蔵量が多い米国や中国などの生産地域を中心に、主に発電用途として、山元での地産地消に限定されていた。近年、豊富に賦存する安価な低品位炭への注目は高まっており、乾燥・改質による石炭品位の改善やハンドリング性の向上といった技術開発、並びに石炭から水素や一酸化炭素を製造するガス化技術（燃料転換技術）等が、低品位炭を豊富に埋蔵する国を中心に進められている。

(3) 我が国の状況

低品位炭の利用については、これまでも低品位炭の乾燥や改質に関する検討や実証試験等が行われてきたが、その製造コストに比して付加価値が低く、事業採算を取ることが難しい状況にある。また、低品位炭を原料とする水素、合成天然ガス(SNG)、尿素、メタノール等の高付加価値製品の製造についても、技術面から事業化の可能性が確認されているものの、原料となる低品位炭価格の上昇や市況変化による同製品の販売価格の変動に対して十分競争力のあるビジネスモデルが構築できず、実際の事業化には至っていない。しかし、エネルギー源の多くを海外からの輸入に依存する我が国において、将来的にも安定的な石炭供給を確保していくためには、これまで主に利用されてきた高品位炭のみではなく、低廉で資源ポテンシャルのある低品位炭の活用を図っていく必要がある。

	<p>(4) NEDO が関与することの意義</p> <p>資源の大部分を海外からの輸入に頼らなければならない我が国にとって、資源の安定・安価な調達は国民生活や経済活動を下支えするものであり、エネルギー安全保障の確保の重要性は、今も変わることがない（総合資源エネルギー調査会資源・燃料分科会, 2017年6月）。</p> <p>我が国におけるエネルギーセキュリティの向上は公共性が高く、社会全体に大きな利益をもたらすことから、NEDOが日本の低品位炭利用促進を牽引する必要性は高い。</p>
<p>事業の目的・目標</p>	<p>事業の目的</p> <p>本事業では、石炭の効率的利用を目的として、低品位炭利用に関する調査・技術開発・実証を実施する。これらの取組により、石炭の安定調達性が増し、石炭を安価で安定的に使用することが可能となり、我が国におけるエネルギーセキュリティの向上に資する。また、インフラ輸出による日本の輸出拡大に貢献できる他、石炭消費国の産業活性化にも貢献できる。</p> <p>事業の目標</p> <p>ビジネスモデルとして内部収益率（IRR）9.5%を満足する低品位炭の有効利用技術の確立を目指す。</p> <p>なお、研究開発項目ごとの目標を以下の通り設定した。</p> <p>(1) 低品位炭利用促進事業可能性に関する検討</p> <p>低品位炭を原料とした化学製品等の製造システムの概念設計を行うとともに、ビジネスモデルを構築する。</p> <p>(2) 低品位炭利用促進技術開発</p> <p>製品仕様にカスタマイズしたプロセスを構築するとともに、ビジネスモデルが実現可能なプラントコストを達成する。また、低品位炭利用に係る基盤技術として、自然発熱の評価手法を確立する。</p> <p>(3) 低品位炭利用促進技術実証</p> <p>① インドネシアにおける褐炭改質スラリーによる発電実証事業</p> <ul style="list-style-type: none"> > インドネシアで、褐炭から製造したCWMを燃料とした発電実証の実施 > 燃料製造から発電までのトータルシステムとしての出力下限、燃料消費率、負荷追従速度等を確認 > 離島の電力需要の変動に追従可能な運用方法を確立 > 負荷変動時の燃焼特性改善と負荷変動に対応できるバーナー開発等を行う <p>② 産炭国における低品位炭利用（促進）ガス化技術実証</p> <ul style="list-style-type: none"> > プラント性能・機器信頼性の検証、並びにプラントの運用性を確立 > プラント安定運転を実証し、事業化に繋げる
<p>事業の成果</p>	<p>別紙参照</p>

<p>情勢変化への 対応</p>	<p>一部の産炭国では閉山や生産休止が相次ぎ、長期の価格低迷により炭鉱開発が滞り、将来的な供給能力に関して不透明さが増している。こうした中、今後もインドを中心にアジアにおいては電力用一般炭の需要増加が見込まれるため、このまま炭鉱開発の停滞が続いた場合、世界の需要が回復したときに供給が需要に追いつかなくなるおそれがある。</p> <p>また国内では、原子力の再稼働状況や再エネの導入状況によって、石炭火力においても調整電源としての役割が徐々に求められるようになってくる。このように、石炭の消費量は他の電源稼働状況により変化するため、短期・スポット取引により石炭を需要に合わせて調達するニーズが高まってくると考えられる。</p> <p>一方で、スポット取引を行うプレーヤーや取引量が限られているため、石炭価格が一国の政策動向や自然災害等による影響を受けやすいこと等が懸念されている。また、石炭メジャーによる高品位炭の権益の寡占化が進めば、将来の価格交渉へ影響がでることも懸念される。</p> <p>これらの課題を解決し、石炭を経済合理的かつ安定的に調達するためには、低品位炭の活用を拡大することにより石炭調達の柔軟性を確保すること等が重要となってきた。 (経済産業省, 石炭マーケット研究会 報告書, 2018年4月)</p>
<p>評価の実績・ 予定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 毎年度評価：内部評価 ・ 事後評価：平成 30 年度、外部評価

グリーンコール技術開発／低品位炭利用促進事業
事業の成果

1. 低品位炭利用促進事業 研究開発項目一覧

研究開発項目	件名	実施期間	実施者
低品位炭利用促進事業可能性に関する検討 [調査：委託]	バリューチェーンの客観的検証及び事業の競合状況調査	H26 ～28年度	三菱総研
	低品位炭利用による改質PCI炭製造事業のビジネスモデル実現可能性に関する検討	H26年度	三菱重工、 三菱商事
	豪州の低品位炭から水素を製造するバリューチェーンの改善に関する検討	H26年度	川崎重工、 J-POWER
	インドネシア褐炭からのA-SCC(高機能代替強粘結炭)事業可能性調査に関する検討	H28年度	エネ総工研、JCOAL、 九州大学、 千代田コーテック
	インドネシアにおける褐炭利用改質事業のビジネスモデルに関する検討	H28年度	宇部興産、 月島機械、 JCOAL
低品位炭利用促進技術開発 [技術開発：委託]	豪州褐炭由来電力向け改質炭製造プロセスの研究開発	H26 ～29年度	新日鉄住金エンジニア、 九州電力、東京電力
	インドネシア・スマトラ地域における未利用低品位炭からのSNG供給CO ₂ -EOR事業に関する研究開発	H26 ～28年度	三菱重工、日揮
	中国の石炭ガス化市場へのECOPRO適用に向けた研究開発	H26, 27年度	新日鉄住金エンジニア
	インドネシアの低品位炭を利用した製鉄コークス用粘結材製造に関する技術開発	H27 ～29年度	神戸製鋼
	低品位炭自然発熱の評価基準確立に関する研究開発	H27 ～29年度	九環協、JCOAL
低品位炭利用促進技術実証 [技術実証：助成]	インドネシアにおける褐炭改質スラリーによる発電実証事業	H26 ～28年度	日揮
	産炭国における低品位炭利用(促進)ガス化技術実証	H28, 29年度	IHI

2. 低品位炭利用促進事業 研究開発成果

2.1 低品位炭利用促進事業可能性に関する検討

(1) バリューチェーンの客観的検証及び事業の競合状況調査

地域遍在性が高く、価格のボラティリティーも高い原油や天然ガスと比較して、低品位炭は安価に生産可能であり、かつ供給ポテンシャルも豊富にある。こうした背景から、低品位炭の改質や乾燥技術が開発されてきたが、十分に価格競争力を持つビジネスモデルを構築できていなかったため、商用化には至っていない。

平成 24 年、平成 25 年に行った調査では、過去の研究開発を客観的に検証し、今後想定されるビジネスモデルを検証した。この結果、過去の研究開発においては、原炭の調達価格を安く、最終製品の価格を高く設定する傾向が見受けられ、これが商用化を阻む最大の要因であることが特定された。そこで本調査では、平成 27 年度と平成 28 年度にて「①バリューチェーン検証」、「②競合プロジェクト調査」、「③価格調査」、「④評価委員会運営」を実施した。

本調査は調査対象としてインドネシアに焦点を当てた。調査対象技術は以下の通りである。(a) TIGAR (IHI)、(b) 褐炭改質 (宇部興産)、(c) HPC (神戸製鋼所)、(d) A-SCC (エネルギー総合工学研究所)。それぞれについてバリューチェーン分析、競合分析、コスト分析により評価を行った。さらに、これら調査結果を評価委員会で報告した。今後の主な課題としては石炭調達に係る交渉、調達や最終製品に係る価格戦略、コスト削減などが挙げられた。石炭ガス化技術、改質技術に関しては、インドネシアで強力な競合相手は見当たらなかった。並行して、低位推移しつつも上昇の兆しを見せる石炭価格の推移を今後も見守る必要がある。

(2) 低品位炭利用による改質 PCI 炭製造事業のビジネスモデル実現可能性に関する検討

本調査は低品位炭 (褐炭) を付加価値の高い PCI (Pulverized Coal Injection) 炭に改質して、エンドユーザーに供給するビジネスモデルの実現可能性について検討を行ったものである。

低品位炭からの PCI 炭製造事業を経済的に成立させるためには、産炭地において安価に原炭を調達し、現地において改質 PCI 炭製造までを実施し、付加価値を高めた状態で消費地に輸送する必要がある。このための低品位炭候補としてインドネシア Kalimantan 島の褐炭、オーストラリア Victoria 州の褐炭を対象とし改質特性の評価を行った。この結果、インドネシア褐炭で約 530℃、オーストラリア褐炭で約 500℃の温度レベルで乾留することにより PCI 炭の要求仕様である発熱量 29.3MJ/kg (7000 kcal/kg)、揮発分 20~25%の値を達成できることを確認した。また、インドネシア Kalimantan 島、オーストラリア Victoria 州において炭鉱、輸送インフラ、ユーティリティー等の現地調査を行い、原炭コスト、輸送コストおよび輸送安定性、設備建設費等の観点から事業性の比較・検討を行った。この結果、PCI 炭製造事業が成立可能なインドネシア Kalimantan 島の炭鉱を最有力候補として選定した。

低品位炭の改質には、乾燥 (Dryer)、乾留 (Pyrolyzer)、冷却・不活性化 (Quencher, Finisher) 設備から構成される三菱重工の改質プロセスを適用するが、従来の亜歴青炭 (含水率約 28%、発熱量約 20.0MJ(4800kcal/kg)) を対象とした火力向け一般炭に対して、改質 PCI 炭製造で対象とする低品位炭は含水率が約 60%と高く、発熱量は約 10.0MJ/kg

(2400kcal/kg)と低いため Dryer の負荷増大、Pyrolyzer の高温化、Finisher の負荷増加に対応しなければならない。本調査では対象となる低品位炭の乾燥、乾留、不活性化特性データを取得し、改質 PCI 炭製造に適するプロセスを決定した。また、プロセス実現のための課題と、それに対する打ち手として、Dryer に対しては大型化による基数低減、Pyrolyzer に対しては外熱および内熱併用式 Pyrolyzer、Finisher に対しては上流の冷却部(No.2Quencher)への予備不活性化機能付与による設備のコンパクト化などの複数の打ち手を抽出し、要素試験およびシミュレーションによる検討を行い、各プロセスに有効な打ち手の絞り込みを行った。課題解決により低品位炭改質技術を確立させることはプラントコストの低減にも寄与でき、その結果として PCI 炭製造事業の経済性向上に貢献できることを確認した。

また、低品位炭から製造した改質 PCI 炭が高炉へ適用できることを評価しておく必要がある。このため対象となる低品位炭から改質 PCI 炭を製造し、高炉条件模擬燃焼試験炉を用いて着火性、燃焼性データを取得した。この結果、従来の PCI 炭とほぼ同等の燃焼特性を有することを確認し、改質 PCI 炭が高炉に適用し得る目途を得た。また、改質 PCI 炭は灰含有率が低い(3~7%)、灰融点が高い(1250~1350℃)といった特性を有しており、レースウェイでのシェル層厚み低減による高炉操業安定性や熔融スラグによる持ち出し熱損失の低減、灰融点調節用フラックスの低減などが見込める。今後、更に定量的な利得の評価を行い経済性向上への寄与度を評価する。

技術開発の成果を想定し設備コストを低減した改質プロセスを適用した改質 PCI 炭製造量 1500ton/day の設備費、現地調査結果による輸送コスト、ユーティリティコストの値を用いて改質 PCI 炭の製造コストの試算を行い、インドネシア Kalimantan 島の褐炭では、条件によっては、本調査で設定した PCI 炭価格(US\$ 104/ton FOB)を下回り、PCI 炭製造ビジネス事業の成立の見込みがあることが判明した。

今後は、本調査で抽出した技術課題に対する技術開発項目の検証を行い、低コストで改質 PCI 炭を製造するための改質 PCI 炭製造技術の確立に取り組んで行く必要がある。また、本調査において構想した改質 PCI 炭製造事業の運営に適するバリューチェーンの構築についても、引き続き取り組んでいく必要がある。

業化に向けた技術開発、バリューチェーン構築を、着実に進めて行くようにしたい。

(3) 豪州の低品位炭から水素を製造するバリューチェーンの改善に関する検討

“豪州の低品位炭から CO₂ フリー水素を製造して、その水素を日本に輸入して使用する”というバリューチェーンの構築を目指し平成 22 年度に事業化調査を行い、平成 25 年度には、炭鉱から製造設備、輸送インフラ、製品需要者までを含むビジネスモデルの検討を行い、実現可能性を検証した。本 NEDO 事業では、ビジネスモデルの改善を目的として、以下の項目について調査、検討を行った。

CCS (カーボンネットプロジェクト) との連携・調査では、カーボンネットプロジェクトが計画通り進捗していること、水素プロジェクトとの連携に前向きであることを確認した。また、CO₂ の暫定仕様の提示を受け、問題ないことを確認した。炭鉱・権益調査では、3つの既存炭鉱を評価し、ロイヤル炭鉱を最適な炭鉱として選定した。一方、権益を取得して炭鉱の自主開発の可能性を調査し、可能であるが既存炭鉱を利用するよりも割高になることがわかった。

オフテイク調査では、将来の予想電源構成から水素発電が担う役割を想定し、求められる発電コストを計算し、水素価格を設定した。水素発電は、2030年にはピーク電源対応の石油火力の代替、2050年にはピーク・ミドル対応の天然ガス火力の代替として位置付けられ、CO₂対策費や将来の燃料価格を考慮したそれぞれの発電単価を下回るのに必要な水素価格を算出して、2030年および2050年の目標水素価格を52.6、34.1円/Nm³に設定した。

コストダウン検討では、ガス化・ガス精製、水素液化設備、水素積荷基地の最適化および褐炭自家発電設備の導入の検討を行った。ガス化・ガス精製では、2種類のガス化炉にて概念設計、コスト試算を行い、EAGLE炉では、過去のFS結果と比較してCAPEXで36%のコストダウン、OPEXで23%のコストアップ、KBR炉では、CAPEXで34%のコストダウン、OPEXで26%のコストアップとなった。水素液化設備では、欧州で実施されたFSの結果および水素積荷基地の最適化検討の結果を反映してコストの再検討を行い、CAPEXで20%の、OPEXで8%のコストダウンを達成した。水素積荷基地では、過去のFSからの技術進展、技術開発結果、等を反映して再度概念設計およびコスト試算を行い、CAPEXで26%、OPEXで15%のコストダウンを達成した。褐炭自家発電設備の導入では、文献調査の結果、過去のFSで採用した電力単価70\$/MWhに対して、2030年には65.16AUD/MWh、2050年には55.85AUD/MWhで電力供給できる見通しを得た。

以上のコストダウン結果を反映してサプライチェーン全体のCAPEXおよびOPEXを算出して製造原価を計算し、2030年の目標水素価格に対する評価、検討を行った。その結果、EAGLE炉、KBR炉のいずれの場合でも、製造原価が目標水素価格を下回る見込みとなり、EAGLE炉の方がより有利であることがわかった。一方、技術および経済性の両面から、課題の抽出、解決策および計画案の策定を行い、策定した技術開発目標を全て達成した場合には、2050年に製造原価が目標水素価格を下回る見込みとなった。一方、水素・燃料電池戦略ロードマップには、2030年にプラント引渡しコストで30円/Nm³程度を達成すると記載されており、そのためには2050年の技術開発・コストダウン目標を前倒しで達成する必要がある。以上の結果から、本プロジェクトは、ビジネスモデルとしては非常に優れているものの、実現のためには、さらなる技術開発やコストダウンが必要であり加速させる必要があることがわかった。

(4) インドネシア褐炭からのA-SCC(高機能代替強粘結炭)事業の可能性調査

本業務は、銑鉄製造に必要な高品位のコークスを製造するために使われる強粘結炭の使用量を大幅に削減することが可能となる高機能代替強粘結炭(A-SCC; Advanced Substitute Coking Coal)を低品位炭から製造するプラントを、インドネシアに建設、運転するプロジェクトの国際実証事業としての妥当性を検討したものである。具体的には、南カリマンタンで産出するアダロ炭を用いる小型実験装置による試験によりA-SCCを製造し、コークス製造においてその添加効果を確認するとともに、ジャワ島チレゴンのインドネシア国営鉄鋼会社クラカタウ・スチール社(KS社)製鉄所のコークス炉近傍でA-SCCを製造するシステムの国際実証事業としての妥当性を検討する業務である。

本業務では、KS社の原料調達部門であるクラカタウ・ナショナル・リソース社(KNR社)と連携し、一般財団法人エネルギー総合工学研究所がアダロ炭からA-SCC試料を作製し、一般財団法人石炭エネルギーセンターがインドネシアにおける資源動向及び、市場動向を調査し、千代田ユーテック

株式会社が水素化重質溶剤を製造するとともに、今回の実証装置の概念設計、建設費推算を実施し、国立大学法人九州大学が将来の市場拡大のためのデータベースを作成し、一般財団法人エネルギー総合工学研究所がこれらに基づく経済性評価を実施した。なお、コークス化性の評価は株式会社神戸製鋼所に再委託して実施した。

まず、昨年度使用した溶剤留分を水素化して水素化重質溶剤を製造した。つぎにアダロ炭を用いて、小型実験装置により A-SCC の試料を製造した。A-SCC の添加効果を確認するためにコークス化試験を行った。昨年度は A-SCC の添加量の 4～25 倍の非微粘結炭を添加してもコークス強度を維持できる可能性があることが判った。今年度の試験では、試験に用いた配合炭のコークス強度が高く、A-SCC の添加効果を定量的に把握することができなかった。

次に、収率および、原料石炭の価格、製品 A-SCC 販売価格の見直すことで、A-SCC の添加効果が 10 倍あれば IRR9.5%を達成することが可能となり、A-SCC には事業性があることが確認できた。

原料炭の価格は、昨年後半に豪州 FOB 基準で 330US\$/ton まで上昇した。今後も、中長期的には、世界の鉄鋼需要の伸びや強粘結炭の資源制約とともに価格が上がると考えられ、本検討において本技術が有用であることが示された。

(5) インドネシアにおける褐炭利用改質事業のビジネスモデルに関する検討

インドネシアは、経済成長の進展に伴い、石炭の国内需要量の増加が継続しており、瀝青炭から中品位炭への燃料転換も進んでいる。電力事業及び一般産業においては、瀝青炭から亜瀝青炭への転換が進んでいる。インドネシア政府は、経済成長と CO₂ 排出量の増加抑制とを両立させた Green Economy Growth を推進しており、褐炭への燃料転換やその利用拡大においては、CO₂ 排出量増加を抑制するための信頼性が高い技術の実用化・普及が望まれている。一方、日本は現在インドネシアより年間 3,000 万トンの亜瀝青炭を輸入している。中品位炭のピークアウトに伴って、亜瀝青炭に代わる代替石炭燃料の確保はエネルギーセキュリティー上からも喫緊の課題である。

本業務では、インドネシア褐炭の改質事業への適用を目指し、宇部興産が独自に開発した褐炭改質技術（全水分 50%程度の褐炭を原料として日本で流通している亜瀝青炭と同等のハンドリング性（粉化性、再吸水性、自然発熱性を抑制）を有する高品質ブリケットを製造する改質技術（破碎・乾燥・粉碎・高圧 2 段成型で構成されるプロセス、乾燥工程に月島機械製乾燥機（STD）を採用、褐炭乾燥時の高密度化現象を利用して高密度ブリケットを製造））を適用した改質事業ビジネスモデルの事業性を検証し、本事業の実現可能性を評価した。

本ビジネスモデルで適用する褐炭改質事業において一層のコスト低減が見込める要因（事業化時点で想定する規模での原料褐炭生産コストならびに輸送コストなどの低減効果）を抽出して、改質事業規模の最適化（規模拡大）による炭鉱コスト（採炭・輸送インフラ）と改質設備コスト（設備費・ユーティリティコスト）の低減策を織り込んだ事業性の評価を実施すると共に、ビジネスモデルの妥当性を評価するため市場規模とバリューチェーンの客観的検証、事業の競合状況の調査並びに製造される最終製品（改質炭製品）価格の客観的調査等を行った。

以上の整理によって、ビジネスモデル実現に向けた事業形態の具体化を行った結果、所期の事業実現のための目標値である石炭市況（BM）を USD80/t、製品価格を USD57/t（石炭市況に連

動する市場評価価格を前提)とした場合の、純利益製品トンあたり USD15-20/t ならびに IRR20%が達成できることを確認した。

2.2 低品位炭利用促進技術開発

(1) 豪州褐炭由来電力向け改質炭製造プロセスの研究開発

本研究開発は豪州ビクトリア州に賦存する低品位炭（褐炭）を瀝青炭並みの品質に改質することにより、一般炭代替燃料として日本で利用することを目指し、改質炭製造プロセスの確立に、技術および経済の両面から取り組んだものである。豪州褐炭は埋蔵量が多く、灰分や硫黄分が少ないというメリットを持つが、自然発熱性が高く、貯蔵や長距離輸送が困難であることや、水分が多いために重量当たりの発熱量が低く、輸送効率が非常に悪い等のデメリットがあることから、主に炭鉱に隣接する山元発電での利用に留まっている。この豪州褐炭を改質することにより、安全に輸送可能な高発熱量かつ低灰分・低硫黄分の発電用一般炭代替燃料を製造する事業の実現に向けた技術開発は、我が国のエネルギーの長期安定確保に資するため、取組む意義が非常に大きいと考えられる。

対象とするビクトリア州の褐炭は水分（50%）及び揮発分（50%）が高く、発熱量は 12.3MJ/kg と低いことを特徴としており、改質炭製造プロセスは乾燥、乾留、成型および乾留炭の自然発熱抑制処理で構成される。乾燥については、乾燥装置の最適化により 2 段乾燥システムを採用し、一次乾燥用に低温排熱を利用した低温流動層乾燥装置を開発した。乾留については、乾留の際に発生する乾留ガスを燃料として利用する外熱キルン方式を採用し、乾留条件と乾留炭性状の相関を明らかにした。自然発熱抑制については、低温酸化処理方式を採用し、低温酸化処理条件と改質炭の自然発熱特性の相関を明らかにした。成型については、乾留炭の成型に有効なバインダーとして PVA を採用し、成型条件の最適化を実施した。また改質炭の評価としては燃焼性・灰付着性の評価及び最終荷姿における安全性の評価を行った。燃焼性については、燃焼試験により改質炭の揮発分と燃焼性能の相関を明らかにするとともに、灰付着性を定量的に把握することにより、改質炭は瀝青炭以上の価値を有することを確認した。

最終荷姿における安全性評価については、小規模空気酸化試験およびシミュレーションを実施し、自然発熱抑制処理の効果が十分であることを確認した。

本研究では、改質プロセスの最適化、燃焼性評価、灰付着性評価、および安全性評価により、目標品質は確保され、解決すべき技術的課題に関してはロイヤン炭を用いてほぼ解決の目処がたった。また、本研究を商用化するために必要な改質炭製造コストの低減についても、指定された(株)三菱総合研究所（以下「MRI」）の調査 1）を用いた前提条件において目標値であった 90 USD/t 以下を達成した。

今後は、前述製造コストは改質炭製造量が 1000 万 t/年規模で必要なインフラの開発を前提に算出しているが、事業化に当たっては既存インフラで対応可能な商用化立上げ期など各段階におけるコスト試算などを詳細に行う必要があると考えられる。

(2) インドネシア・スマトラ地域における未利用低品位炭からの SNG 供給 CO2-EOR 事業に関する研究開発

インドネシア・スマトラ島の未利用低品位炭を活用した石炭ガス化による合成天然ガス（SNG）製造プラントと、プラントで生成される CO₂ を利用した EOR との複合事業の経済性改善のための技術開発を行った。具体的には、SNG 製造・供給事業で大量に副生する CO₂ 排出対策が必須であり、更に同事業の経済的成立のためには、副生する CO₂ の有償販売が望ましく、南スマトラ地域の老朽油田に CO₂-EOR を適用する場合に必要な技術評価とともに経済性を評価し、副生 CO₂ の必要取引価格を抽出した。さらに SNG 製造プロセスの更なるコスト低減を目指し、最新の CO 転化触媒の SNG プラントへの適用性、SNG 製造プロセスの副生物の売却可能性の検討を行った。

① インドネシアの油田に関する CO₂-EOR の評価・開発最適化に係る技術の開発

選定油田の CO₂-EOR 評価のため、一連の技術開発・検討が実施された。具体的には、地質モデル構築、貯留層・流体特性評価と流体モデル構築、油層モデル構築、生産予測シミュレーションと可採量評価、施設概念設計とコスト評価、EOR プロジェクトの経済性評価、パイロットテストや CCS 展開に関し検討した。

精度高い EOR 評価の基礎となる地質/油層モデル構築のためワークフローを設定、入力データも適正化し、生産履歴を再現する油層モデルが構築された。生産予測から、老朽油田における CO₂-EOR の増産効果と高回収率が確認された。また効率よい油回収のため、坑井数/配置、圧入レート/方法の生産への影響を検討した。一方でパイプラインを含む施設コストがかさむことから EOR プロジェクトの経済性は低く、周辺油田への CO₂-EOR 展開やパイプライン輸送コスト分担等による経済性改善が求められる。

② 未利用低品位炭からの SNG 供給・CO₂-EOR に関する技術改善他による経済性検討

SNG 製造プロセスのエネルギー合理化の観点から、最新 CO 転化触媒の SNG プラント適用を検討した。その結果、触媒反応で使用する蒸気量は数十 ton/hr 単位で低減でき、設備での熱回収量等も考慮すると約 4 億円/年低減できることに加え、触媒コストも 20%以上低減(蒸気配管コストダウンなど含め CAPEX 3 億円相当)できることも確認できた。

さらに、SNG 製造プロセスの副生物利用による SNG コスト低減方法を検討した。副生成物の年間売上は約 US\$420 万、製造 SNG 基準で表せば約 US\$0.1/MMBtu となり、SNG 製造コスト US\$8/MMBtu の想定下で、1.3%程度のコスト削減効果が期待できることが判った。

以上を鑑み、SNG プロジェクトの IRR 目標 9.5%を達成するために必要な CO₂ 販売価格は、US\$8.5/ton から US\$7.5/ton に改善させることができた。

以上から、SNG + EOR プロジェクトの経済的成立つき、以下課題が判明した。

- ・ SNG プロジェクトとして、CO₂US\$7.5/ton での EOR プロジェクトへの売却が必要。
- ・ SNG プロジェクトで発生する CO₂ の全量隔離には、複数油田に対し EOR プロジェクトを、併行して実施展開する必要あり。
- ・ EOR プロジェクトについて、CO₂ を USD7.5/ton で購入する条件下で経済的に成立させるためには、大幅な設備費削減、或いはパイプラインに係る施設・輸送のプロジェクト外事業とする取り扱い等の対応が必要と思量。
- ・ 従って、原油価格などの市場動向およびインドネシアの環境規制も併せて鑑みるに、現時点で SNG+EOR プロジェクトの推進は困難と言わざると得ない。

(3) 中国の石炭ガス化市場への ECOPRO 適用に向けた研究開発

新日鉄住金エンジニアリング株式会社（以下 NSENGI）が開発を進めている石炭ガス化技術 ECOPRO®は、経済産業省の支援を得た一般財団法人石炭エネルギーセンター事業として、2006～2009 年度に 20t/d のパイロットプラント規模での基本プロセスの開発を完了した。次ステップは、商業化の前段として、約 10 倍にスケールアップする実証機規模での開発を計画している。

NSENGI は、商業化への直結を狙い、既に石炭ガス化マーケットが成立している中国において、大手石炭会社を共同実施者として実証試験を推進すべく協議を進めている。共同実施者は、将来褐炭からの代替天然ガス（Substitute Natural Gas 以下 SNG）製造事業を計画しており、既に褐炭権益も確保した上で、褐炭からの SNG 製造に適した石炭ガス化技術を模索していた。中国において安定的に褐炭をガス化する技術はまだ確立されていないとの認識をもっており、ECOPRO®の特徴(*)と、パイロットプラント、実証プラントを通じて、同社褐炭の適用性を確認できる点等への強い期待が共同実施に踏み込む判断のポイントとなっている。2014 年度調査により、既に石炭ガス化技術が普及している中国市場ではあるが、様々な技術課題があり、中国政府の方針に合致した性能を有するガス化技術であれば、後発であっても参入余地ありと判断される結果を得た。

(* ECOPRO®の特徴：1) エネルギー効率が高いこと。2) 生成ガスにメタンを含有しており SNG 製造に有利なこと。3) 褐炭のガス化に適していること。)

2015 年度本研究開発においては、かかるスケールアップ実証を円滑に実施し、迅速かつ確実に商業化に直結させる為に、技術確立、実証準備を推進し、実証対象石炭の特徴を踏まえた安定操業技術確立と次スケールアップ実証へ着手できる準備を整えることができた。まず、中国褐炭の高灰分かつ灰分変動が大きいという特徴に対して、オフライン試験、パイロットプラントガス化試験等により安定操業対策を検証し、安定操業の目的を得た。また、スケールアップ課題（微粉炭均一分散化、バーナー大型化等）に対して、大型コールドモデル試験、燃焼試験等により課題を検討し、200t/d 規模実証機的设计、操業における懸念事項を払拭することができた。加えて、中国におけるガス化関連市場動向、低環境負荷等の政策、の最新情報を調査し、直近景気動向を折り込んだ上でも本ビジネスモデルの実現性が得られることを再確認した。

直近の事業環境の変化（中国経済成長鈍化、資源価格低下、環境負荷低減政策）の中でも以前高効率な石炭ガス化技術の確立と商業化は必要とされており、早期に当該技術の実証・商業化を推進していく意義は大きい。

(4) インドネシアの低品位炭を利用した製鉄コークス用粘結材製造に関する技術開発

本事業では、低品位炭（亜瀝青炭）の利用促進を目的として、低品位炭を高温で溶剤抽出して製鉄コークス製造用粘結材を製造・販売する新たな事業モデルについて検討した。この事業モデルを成立させるための主な技術課題は、①亜瀝青炭を原料としたハイパーコールの粘結材としての性能確認、②小型溶剤抽出設備による製造試験、③副生炭の成型性、貯炭・輸送安定性の確認、であり、それらに関する実験的検討を行った。さらに、④実用化計画立案の一環として、商業機の概念設計や経済性試算を行うとともに、実用化に向けた課題を整理した。本事業の成果は以下のとおりである。

劣質炭を増配した配合炭に対し、亜瀝青炭ハイパーコールを添加した結果、瀝青炭ハイパーコールと遜色ない品質が得られた。さらに、亜瀝青炭ハイパーコールの添加による内部ガス圧、膨張圧への影響は少なく、収縮性は増加する傾向が確認された。ベース配合と亜瀝青炭ハイパーコール添加配合のコークス強度が同等となるケースにおいて、亜瀝青炭ハイパーコール価格は最大で 380USD/ton と算出された。

亜瀝青炭を原料とした場合、粘結材の収率は原料銘柄に依存して 20% 台まで低下した。粘結材の性状は瀝青炭を原料とする場合に比して、軽質かつ高流動性となる傾向があった。操業条件としては瀝青炭と同じく 380℃、60 分の条件が好適であった。亜瀝青炭の抽出過程でも、瀝青炭と同様に、抽出溶剤に相当するナフタレン類が 4-5% 生成することがわかり、溶剤循環の成立には支障はないと考えられた。

副生炭成型物の引張強度は、原炭との混合により強度の向上が可能であり、目標引張強度 7kg/cm² の達成が可能であることを確認した。発熱予測シミュレーションにて安定貯炭期間の予測を行ったところ、安全に貯炭できる期間は約 2 週間と判断され、亜瀝青炭ユーザーにとっては実用範囲と判断された。原炭と比較して副生炭の分散度は高く発塵性が強いと考えられたが、ラボ試験の結果から、5~10% 程度の加水で発塵抑制が可能と推定した。

インドネシア石炭会社などへのプラント立地条件や石炭性状に関する調査結果、及び技術開発結果に基づき、対象とすべき石炭品位およびプラント立地候補を設定した。商業機概念設計とプラントコスト、プロセスコスト試算を行い別途算出した顧客価値を用いて、実用化時の経済性を評価した結果、NEDO 所定の投資条件で IRR 9.5% 以上を実現できることを確認するとともに、事業実用化のための前提条件と課題を提示した。

亜瀝青炭を原料として製鉄コークス用粘結材としてのハイパーコール製造が可能であり、性能は従来検討してきた瀝青炭からのハイパーコールと遜色が無いこと、及びハイパーコール製造時に発生する副生炭もボイラー燃料として販売可能な性状を有していることを確認した。ハイパーコールの顧客価値およびハイパーコール製造コストから、亜瀝青炭を原料としたハイパーコールの製造販売事業は実用化可能な経済性を有することが分かった。

実用化に向けての課題は、ハイパーコール製造販売事業に興味を示している石炭会社との協議継続による立地、契約条件の設定と亜瀝青炭を原料としたハイパーコール性能、副生炭の貯炭安定性、ハンドリング性およびハイパーコール製造技術のスケールアップ検証を目的とした、パイロットプラント試験に向けた取り組みである。

(5) 低品位炭自然発熱の評価基準確立に関する研究開発

低温領域での水分を伴う低品位炭の自然発熱昇温性を調べるために、文献調査を行い、断熱式の昇温測定法であり湿炭試料を測定できる R70 法をベースモデルとして計測機を設計、製作した。前処理方法についても検討し、粉碎時間が自然発熱性に影響を与えることから、粉碎時間短縮のため、粉碎方法の簡便化と反応容器の小型化を行った。本装置を用いて、JCOAL コールバンク登録試料から選定した標準炭試料、実際に現場で使用されている実用炭試料の昇温計測を行い、温度プロファイルから自然発熱性の違いを明らかにした。

水分が自然発熱に与える影響を検討するため、70℃低温真空乾燥によって含水率を調整した試験も行った。乾燥炭の場合、40℃から150℃までの昇温時間は最大でも瀝青炭で50時間程度であったが、湿炭の場合、含水率の高い褐炭で120時間以上要した。なお、これらのデータはデータベース化し、炭種ごとの温度プロファイルを把握できるようにした。このほか、排気中の連続ガス測定を行った。その結果、主にH₂O、CO₂、COの発生がみられたほか、塩素系成分と考えられるガスも検知された。

得られた温度プロファイルについては、数値モデル化を行った。数値モデルによって乾燥炭結果から任意の含水率における温度プロファイルを予測した。本モデルでは、①水分の蒸発に伴う潜熱と②石炭の酸化に伴う発熱を考慮したほか、③含水率調整試験の結果から得られた水分による自然発熱促進効果と抑制効果も取り入れている。この結果、標準炭と実用炭の計測による昇温プロファイルが概ね再現された。また、数値モデル化に伴い、50~90℃、0~80%RH条件における球形試料からの水分蒸発挙動とガス生成についても検討した。実験結果から、任意の温度湿度雰囲気での乾燥速度を提案している。ガス生成からは自然発熱によるCO生成反応が50~70℃の間に起きることを明らかにした。

実際の貯炭現場への計測機の適用性を検討するため、1,000tの実貯炭パイル試験を行った。計測機による測定結果と実貯炭パイル試験結果のいずれも同様の昇温傾向が認められ、本計測値から実貯炭での昇温推定が可能と考えられた。今後は、装置による計測データと実貯炭での計測データを広く蓄積することが課題である。実貯炭パイル試験では、温度プロファイルから同炭種ながら自然発熱性が大きく異なる2つの石炭が確認された。自然発熱性の違いを検討するため、示差走査熱量測定(DSC)、生成ガスの分析、比表面積の測定を行った。反応サイト種類と量は同等であり、中間酸化物を形成した後の反応が自然発熱性に影響を与えていることが示唆された。

実際の貯炭現場では発熱前に対策を実施するため、各炭種のプラトー領域に達するまでの時間やその長さが把握できれば、貯炭分を焚き切るまでの時間の把握や散水頻度の検討に適用できる。本計測機において複数の標準炭、実用炭の測定により、石炭の自然発熱昇温性の序列を得ることができ、本計測機を貯炭管理に活かせる可能性が示唆された。

本測定法の有効性が示されたことから、自然発熱に係る特許と法整備状況の調査、南アフリカを対象としたISO動向調査、本手法の測定ニーズや適用先について中国、オーストラリア、インドネシアにて海外調査を行い、本手法のISO化までの実施計画を作成した。

このほか、本測定法に係る特許と法整備状況の調査、南アフリカを対象としたISO動向調査、本手法の測定ニーズや適用先について中国、オーストラリア、インドネシアにて海外調査を行い、本手法のISO化までのロードマップを作成した。

2.3 低品位炭利用促進技術実証

(1) インドネシアにおける褐炭改質スラリーによる発電実証事業

平成26年7月4日から平成28年4月10日までに以下の研究開発項目を実施した。

- a) 発電設備の建設
- b) PLNのグリッドへの接続
- c) 発電実証(従来褐炭CWM)

① インドネシアで、褐炭から製造したCWMを燃料とした発電実証の実施

平成 26 年度に褐炭 CWM 発電設備を建設後、平成 27 年 5 月 22 日に PLN のグリッドに接続、送電を開始した。その後、PLN から要求された、15 日間の全負荷連続運転試験と、3 カ月間の設備稼働率実証試験を実施し、それぞれ PLN の合格基準をクリアした。

② 燃料製造から発電までのトータルシステムとしての出力下限、燃料消費率、負荷追従速度等の確認

発電負荷 100%、75%、50%それぞれにおける燃料消費率、負荷追従性について確認した。

③ 離島の電力需要の変動に追従可能な運用方法を確立

離島の電力需要の変動は、各離島で異なるが概ね夜間(離島住民の活動する夜間の時間帯)にピークを迎える。

当助成事業において取得した褐炭 CWM 発電の負荷変化率、最低負荷のデータ等を参考とすることで、各離島における電力需要に応じた発電設備の計画を構築できることが確認された。

なお、褐炭 CWM 発電をベース電源として利用し、負荷変動時は既設のディーゼル発電で対応する運用方式も有力な選択肢となっている。

④ 負荷変動時の燃焼特性改善と負荷変動に対応できるバーナー開発等を行う

負荷変動時の燃焼特性改善と負荷変動に対応するためには、バーナーの選定を含むボイラー制御システムの構築が重要である。実証試験を開始するにあたり、バーナーチップ選定および 1 次/2 次空気のダンパー調整し、安定燃焼を実現した。さらに、負荷変化試験の結果、本発電実証で採用したボイラー制御システムが適切に機能していることが確認できたことから、同システムを参考に商業機設計へ反映する予定である。

バーナーについては、平成 28 年 1 月 11 日から同 4 月 10 日に実施した 3 カ月間の 1 剷動率確認試験においてその耐久性(バーナーを長期使用した際の燃焼状態の確認およびバーナーチップの摩耗状況・交換頻度の確認)を確認した。

平成 28 年度に実施した新規候補褐炭を原料とした CWM 発電実証では、平成 28 年 9 月末までに総発電量 55 万 kwh の発電実績を達成し、従来褐炭 CWM と同様に安定的なボイラー燃焼と発電が可能であることを確認できたことで、同炭種の商業機での採用に見通しを得た。

(2) 産炭国における低品位炭利用(促進)ガス化技術実証

① 多炭種(肥料工場想定石炭及びバイオマス含む)によるプラント運転評価

プラント適用性評価としてインドネシアの多炭種での実証運転及びパリ協定を受けて客先ニーズが非常に高まっているバイオマスを用いた実証運転を行った。将来のユーザー候補である肥料工場が予定する褐炭が決まらなかったため、その代替として、カリマンタン島褐炭での試験は実施済みであることから、スマトラ島褐炭 2 炭種を用いた運転及び木質バイオマスの専ガス化及び共ガス化運転を実施し、安定運転ができることを確認するとともに、各プラント性能・機器信頼性データの取得を行った。

② プラントメンテナンス手法・運用方法の炭種変更試験等の影響の確認・評価

炭種を変えた試験を行い、炭種による運転パラメータの違いや運転終了後のプラント状態の違いを確認・把握した。また、その知見を用いて、将来の商用化に向けた炭種の違いによるプラントメンテナンス手法・運用方法の違いを確立した。

③ 運用性／経済性評価まとめ

実証事業の集大成として、実証試験の成果に基づき経済性、運用性、メンテナンス性などの総合評価を実施し、FS、FEED の受注につながる設計手法、運用手法、メンテナンス手法、経済性評価についてまとめた。また、その結果を用いて将来のユーザー候補に対して二塔式ガス化炉の適用性のアピールを行った。

④ 褐炭ガス化特性データの蓄積

顧客にて将来のアンモニアもしくは尿素の製造プラントにおいて採用すると想定される褐炭が決まらなかったため、その代替として、カリマンタン島褐炭での試験は実施済みであることから、スマトラ島褐炭 2 炭種を選定し、分析及びガス化基礎特性確認試験を実施し、褐炭ガス化特性データの蓄積を図った。その他入手できた褐炭やバイオマスについても、データの蓄積を図るため、分析及びガス化基礎特性確認試験を実施した。

⑤ 低品位炭市場調査、ガス化市場調査他

次に示す商用化に資するマーケティング情報その他の情報の蓄積を図った。

- ・ インドネシアエネルギー市場調査
- ・ トルコ、ブルガリアといった東欧諸国におけるガス化市場調査
- ・ 競合他社ガス化炉技術調査
- ・ 他社商用ガス化炉設備（Shell 製、中国製など）の PJ 体制の調査
- ・ ガス化炉の上流側である褐炭搬送技術、及び下流側である粗ガス精製/排水処理技術の最新技術調査

さらに第三者からなる大学等の有識者で構成する評価委員会を設置し、ガス化技術ならびに事業化に向けた助言、評価を得た。

⑥ インドネシア肥料工場への TIGAR 導入に関する事業性検討

KUJANG 肥料工場の事業性検討では、最終製品である H₂ と CO の要求仕様に基づき、それらを満たすようマテリアルバランスを組み、TIGAR の容量を決定した。決定された容量を用いて、システム、レイアウト、ユーティリティなど技術的検討を行った。このとき、最終製品である高純度の H₂ や CO をシンガスから分離精製するシステムについて検討した。事業性の検討にあたっては、事前に顧客と十分協議し、顧客の意向を反映した事業期間、金利等の条件を設定した。当初の事業スキームにおいて、事業性が目標値を満足しなかったため、さらに顧客と協議を行い、課題等を抽出し、検討を行った。最終的に、経済性を満足する事業スキームをまとめ、顧客に報告を行った。

KALTIM 肥料工場の事業性検討では、アンモニア製造工程の Primary Reformer 用燃料として、既存の天然ガスから TIGAR で製造したガス化ガス（シンガス）への代替を図る検討を行った。

本検討では、KALTIM 肥料工場 3 号機の Primary Reformer 用燃料と、KALTIM 肥料工場 2 号機及び 3 号機の Primary Reformer 用燃料の 2 ケースのシステム、レイアウト、ユーティリティなど技術的検討を行った。シンガスの組成、発熱量は、天然ガスの組成、発熱量と異なるため、Primary Reformer の改造が必要となってくるが、これを外注にて検討した。また、排水処理系統、ユーティリティ系統については、実証機の不具合等を商用機設計に反映するべく、エンジニアリングメーカーと協調して、システム検討を実施した。事業性の検討にあたっては、事前に顧客と十分協議し、顧客の

意向を反映した事業期間、金利等の条件を設定した。当初の事業スキームにおいて、事業性が目標値を満足しなかったため、さらに顧客と協議を行い、課題等を抽出し、検討を行った。最終的に、経済性を満足する事業スキームをまとめ、顧客に報告を行った。

以 上